改進肥効及增進土壤氮素肥力以提高二期稻作產量之研究*

莊 作 權** 黃 裕 銘

國立中興大學農學院土壤學系

摘 要

USG 深施提高氮素回收率及稻谷產量之效果，以一期稻優於二期稻，一期稻谷增產量可達13%，氮回收率最高可達77%；二期稻谷增產量最高僅有3%（屏東新埤），而氮回收率最高亦只有41%。

二期作 USG 深施在含有膨脹性粘土礦物之臺中土壤其稻谷增產量最高可達18%，氮肥回收率在30%～71%之間，皆優於不含膨脹性粘土礦物之屏東新埤試區，後者稻谷增產爲3%，及氮肥回收率在8%～41%之間

施用稻穀亦可提高氮肥回收率，同時增加植體氮鉀含量因而提高稻谷產量，二期作施用之效益，平均增加谷產量8%，大於一期作之增加4%。彰化竹塘一期作加施稻殼者，紋枯病減輕，而谷產量可增加9%以上。

屏東新埤試區無論一、二期水稻施用爐渣後，谷產量有顯著下降之現象，而臺中、彰化兩試區有增產之趨勢。

前 言

青峰重範和莊氏（1978）及莊氏等（1979）、洪氏（1980）等報告指出水稻在氮素容量大而氮濃度强度低之土壤情況下，可獲得良好的稻穀產量。臺灣水稻氮肥利用率一般只有30%左右，因此如何提高穀產量及節省肥料用量，以增加農民之淨收益，實爲當務之急。

許多報告（Dennis, 1979；Pande and Adak, 1971；Wilburd and Yoshida, 1978；Juang and Tann, 1980）證明氮肥深施可提高氮肥回收率及穀產量之雙重目的。超大顆粒尿素（USG）之深施具有此雙重利益（Khind and Datta, 1975；Koyana and Niamscrishland, 1973；Savant and Datta, 1980, Juang, 1980, 1982）。Byrnes等曾報告高pH值之土壤，基肥深施 USG 時氮回收率較低。Craswell 和 Vlek（1979）報告滲漏率大之土壤，USG 深施之效果不佳。本實驗室之1981年度報告，曾指出本省水稻深施 USG 之肥效，二期稻比一期稻爲低。

莊和譚（1981）報告指出 USG 深施有造成局部氮肥過多和水稻倒伏之現象。黃和施（1979）及謝等（1979）報告本省之酸性土壤施用爐渣可抗倒伏，同時可增加一及二期水稻之產量8%以上。

本研究之主要目的在探討施用爐渣及稻殼對 USG 深施肥效的影響。

*行政院農業發展委員會補助計畫71農建—4.1—產—47（2—1）。

**現址爲臺北市亞太糧食肥料技術中心。

材料與方法

本研究分別在臺中中興大學農場（二期作）、屏東新埤（二期、一期作）及彰化竹塘（一期作）等試區進行做田間試驗。土壤之理化性質如表１。田間試驗爲複因子裂區設計，分別有理16或12種處理（見表２），三重複。水稻品種屏東新埤試區爲高雄臺141號品種，台中試區爲臺農 67號，彰化竹塘試區爲臺農62號。氮肥之施用方法見表１說明，磷（P_2O_5）及鉀（K_2O）之用量各爲 60kg/ha，爐渣用量爲 2t/ha， 稻殼用量爲 20t/ha。爐渣於耕犂時加入，稻殼在第一次追肥時期敷蓋。栽植後定期作觀察及生育調查，並採集植體及土壤樣品，經處理後分析各種養分及土壤理化性質。

植體經 60°C 烘乾篩磨，經濕灰化後測定氮（蒸餾法）、磷（鉬黃法）、鉀（焰光分析）及矽（比色法）等養分含量。土壤 pH 以玻璃電極法（1：1），交換性氮以 2N KCl 抽取再用蒸餾法測定，以上均以田間採回之鮮土供各種測定。經風乾過篩之土壤則測定土壤全氮（semimicro Kjeldahl）、交換性鉀（1 N醋酸銨），有效性磷（Bray No. 1）及土壤有機質（Walkey-Black）等化學成分。

表 1. 供試土壤之理化性質

項目	臺中中興大學	屏東新埤	彰化竹塘
母質	砂頁岩冲積土	粘板岩冲積土	粘板岩冲積土
質地	砂質壤土	壤土	壤土
CEC me/100g	8.8	11.5	10.5
pH	5.6	7.4	7.2
有機質，%	0.4	4.4	2.2
全氮，%	0.05	0.32	0.17
交換性氮，ppm	24	30	32
交換性鉀，ppm	30	45	81
有效性磷，ppm	7	12	37
主要粘土礦物	雲母、綠泥石 蒙特石	雲母、綠泥石 高嶺石	雲母、綠泥石 伊萊石

表 2. 田間試驗之處理

A、屏東新埤與彰化竹塘試區

主處理	副處理	
施爐渣	N-O	不施氮
	Urea-47. 4-BC	尿素 47.4kg/ha，分三次撒施
	USG-47. 4-DP	超大顆粒尿素 47.4kg/ha，深施
	USG-47. 4-DP. RH	超大顆粒尿素 47.4kg/ha，深施，加稻殼
	Urea-94. 8-BC	尿素 94.8 kg/ha，分三次撒施
	Urea-94. 8-BC. RH	尿素 94.8 kg/ha，分三次撒施，加稻殼
	USG-94. 8-DP	超大顆粒尿素 94.8 kg/ha，深施
	USG-94. 8-DP. RH	超大顆粒尿素 94.8 kg/ha，深施加稻殼
不施爐渣	與上八處理相同	

B、臺中中興大學試區

主處理	副處理	
	USG 44 DP-22 Urea BC	超大顆粒尿素 44 kg/ha 深施，尿素 22 kg/ha 撒施（基肥）
	USG 66 DP-22 Urea BC	超大顆粒尿素 66 kg/ha 深施，尿素 22 kg/ha 撒施（基施）
	USG 88 DP	超大顆粒尿素 88 kg/ha 深施
	Urea 110 BC	尿素 110 kg/ha 分三次撒施
施爐渣	與上四處理相同	
施稻殼	與上四處理相同	
N—0 不施氮		

結果與討論

一、爐渣之施用對水稻產量、養分狀況及土壤性質的影響：

1. 七十年二期作：

對二期稻之影響，由表3及表4，七十年二期作屏東新埤及臺中中興大學兩試區之田間試驗

表 3. 臺中試區七十年二期水稻之農藝性狀

處理 主處理	處理 副處理	穀產量	相對指標	稈產量	千粒重	分蘖數	氮回收率	株高 20 天	株高 35 天	株高 收穫
		kg/ha		kg/ha	g	株／欉	%	—cm—		
	1	4,946	114	6,025	25.4	11.7	62	33.2	65.6	108
	2	5,041	116	6,025	25.5	12.8	52	31.9	63.4	106
	3	5,146	118	5,974	25.0	13.9	56	32.4	66.1	116
	4	4,357	100	5,487	24.9	9.9	30	33.4	65.7	105
爐渣	1	4,972	114	5,615	24.9	11.3	62	33.6	66.1	109
	2	5,430	125	6,666	24.6	12.5	60	35.0	68.4	109
	3	5,192	119	6,205	25.0	13.2	60	32.5	66.6	112
	4	4,752	109	5,256	25.9	10.1	30	33.3	63.7	101
稻殼	1	5,357	123	5,718	25.3	13.3	62	34.4	66.2	108
	2	5,311	122	6,154	24.4	13.8	59	32.4	65.4	108
	3	5,858	134	6,564	23.9	13.8	71	33.0	67.1	112
	4	4,609	106	5,487	26.2	11.2	32	32.2	61.9	108
N-O	N	2,949	68	3,179	25.2	7.5		29.2	58.3	96.0
L. S. D. 主	5%	N. S.		N. S.	0.6	0.9		0.5	0.6	2.1
	1%				0.9	1.1		0.6	0.8	2.8
L. S. D. 副	5%	N. S.		N. S.	0.9	1.1		0.6	0.7	2.4
	1%				1.1	1.3		0.8	0.9	3.2

處理代號：1. USG 44 DP Urea BC, 2. USG 66 DP 22 Urea BC, 3. USG 88 DP, 4. Urea 110 BC.

水稻之農藝性狀資料，可知施爐渣對這兩地區之水稻產量有不同影響，臺中試區施用爐渣各處理皆有增產效果，最多達9％，屏東新埤試區施爐渣區各處理之產量反不如施爐渣區。

由表3，臺中試區加施爐渣或稻殼之撒施尿素110 kg/ha 處理穀產量皆比不施用爐渣或稻殼之相對處理爲高，此與千粒重及分蘗數較高有關。但深施 USG 88 kg/ha 者再加施爐渣或稻殼處理之穀量仍比任何其他處理爲高，足見爐渣或稻殼施用之效果至爲明顯。同時氮肥回收率亦因增施土壤改良劑而提高。屏東試區(表4)施用爐渣之效果不及稻殼，施用尿素或 USG 加施稻穀之穀產量皆較不施

表 4. 屏東新埤試區七十年二期水稻之農藝性狀

處理 主處理	處理 副處理	穀產量	相對指標	稈產量	千粒重	分蘗數	氮回收率	株高 47天	株高 收穫	穀／稈
		kg/ha		kg/ha	g	株／欉	%	—cm—		
	N-O	4,705	86	6,163	22.39	15.0		59	88	0.76
	Urea-47. 4 BC	5,053	93	6,316	22.74	16.2	10.2	63	91	0.80
	USG-47. 4 DP	5,198	95	6,498	19.43	17.8	40.8	64	94	0.80
	USG-47. 4 DP RH	6,021	110	6,603	20.76	17.9	39.3	68	95	0.91
	Urea-94. 8 BC	5,448	100	7,137	22.47	17.4	15.3	63	95	0.76
	Urea-94. 8 BC RH	5,767	106	6,747	22.34	18.3	22.2	65	94	0.85
	USG-94. 8 DP	5,608	103	7,122	22.39	17.9	31.6	68	98	0.79
	USG-94. 8 DP RH	5,794	106	7,030	19.74	20.3	28.4	72	98	0.83
	N-O	4,409	81	6,217	21.80	15.3		60	87	0.71
爐	Urea-47. 4 BC	5,290	97	6,172	22.81	16.6	10.8	61	90	0.85
	USG-47. 4 DP	5,332	98	6,825	21.06	19.6	24.5	66	93	0.78
	USG-47. 4 DP RH	5,892	108	6,736	21.79	18.8	38.0	67	96	0.88
	Urea-94. 8 BC	5,256	96	6,132	21.41	16.8	7.7	62	92	0.85
	Urea-94. 8 BC RH	5,738	105	7,727	21.06	19.2	25.9	68	96	0.74
渣	USG-94. 8 DP	5,341	98	6,445	19.85	20.7	29.2	68	97	0.83
	USG-94. 8 DP RH	5,303	97	6,858	18.77	19.6	30.9	71	100	0.79
L. S. D. 爐渣	5%	215	4	N. S.	0.98	0.7		1	1	
	1%	296	6		1.12	0.9		2	2	
L. S. D. 稻殼	5%	260	5	N. S.	1.17	0.8		1	2	
	1%	349	7		1.37	1.1		2	2	
L. S. D. 肥料	5%	433	8	N. S.	1.95	1.4		1	1	
	1%	581	11		2.63	1.8		2	2	

BC : Broadcasting, DP ; Deep placement, RH ; Rice hull.

者超過甚多。施用爐渣再加施稻殼之處理，氮肥回收率較高，尤以尿素撒施處理，差異最爲顯著。

水稻植株養分濃度（表5、6）臺中試區施爐渣者和稻殼者所有植體 N、P_2O_5、K_2O 及 SiO_2 的養分濃度比不施之各相對處理爲低。屏東新埤試區（表6）施爐渣者 N 及 P_2O_5 養分濃度較高，而 K_2O 及 SiO_2 之濃度較低，顯示二試區土壤及排水狀況不同，有明顯之差異，施稻殼之處理，無論有無施用爐渣，植體中 SiO_2%均顯著提高。

2. 七十一年期作

對一期作之影響一般尿素撒施加施爐渣之處理，在彰化竹塘試區(表7)產量增加8%，而屏東新埤試區(表8)產量並未增加，效果與七十年二期相似。竹塘試區不施爐渣者，其有效分蘖在植後63天及收成時皆較施爐渣者顯著增加，然因紋枯病却造成千粒重極顯著降低，故最後產量仍是降低。

深施，發現高氮肥區在竹塘試區加施爐渣處理，紋枯病較輕使水稻產量較不施區爲高。屏東試區加施爐渣者各處理產量反而較不施區各相對處理降低。

氮肥回收率方面，屏東試區均比彰化試區爲高，主要原因係彰化試區土壤中氨之揮失較屏東試區爲高， Juang and Tann (1980) 曾報導彰化試區在二期作氣溫較高時氨揮失可達24%。同時亦發

表 5. 臺中試區七十年二期水稻之養分狀況

處理		N, %			P_2O_5, %			K_2O, %			SiO_2, %
主處理	副處理	48 天	穀粒	稈	48 天	穀粒	稈	84 天	穀粒	稈	48 天
	1	2.03	0.83	0.70	0.63	0.56	0.17	2.86	0.34	1.59	3.46
	2	2.25	0.86	0.74	0.58	0.58	0.16	2.63	0.35	1.54	3.66
	3	1.94	0.92	0.75	0.58	0.58	0.18	2.76	0.32	1.56	4.05
	4	1.67	0.80	0.72	0.68	0.68	0.18	2.83	0.39	1.94	4.22
	1	1.99	0.89	0.69	0.66	0.66	0.16	2.43	0.37	1.73	3.62
爐渣	2	2.14	0.90	0.70	0.61	0.61	0.21	2.43	0.33	1.75	3.38
	3	2.40	0.92	0.77	0.52	0.52	0.14	2.23	0.30	1.83	3.65
	4	1.18	0.79	0.71	0.58	0.58	0.13	2.46	0.34	1.74	3.72
	1	1.67	0.81	0.70	0.60	0.60	0.20	2.71	0.35	1.49	3.80
稻殼	2	2.12	0.92	0.75	0.63	0.63	0.14	2.48	0.35	1.59	3.20
	3	2.13	0.94	0.79	0.63	0.63	0.16	2.51	0.37	1.73	3.43
	4	1.42	0.79	0.74	0.60	0.60	0.14	3.01	0.36	1.77	3.62
N-O		1.36	0.88	0.46	0.66	0.90	0.22	2.94	0.54	1.52	4.10
L. S. D. 主	5%	0.26	N. S.	N. S.	0.03	N. S.	N. S.	0.15	0.02	0 20	0.25
	1%	0.35			0.04						
L. S. D. 副	5%	0.54	0.11	0.07	0.06	N. S.	N. S.	0.69	0.04	0.58	0.28
	1%	0.90	0.15	0.10	0.09				0.05		0.38

副處理代號：1. USG 44 DP Urea BC,　2. USG 66 DP 22 Urea BC,　3. USG 88 DP,　4. Urea 110 BC,

現同樣肥料處理施稻殼處理者比不施者，回收率較高，可見稻殼不僅可改進土壤物理性，亦可增進水稻根之活力而加强吸收氮之能力。

植體養分濃度，施爐渣者在彰化竹塘試區（表9），植株穀粒之N和K_2O%皆較低，而 P_2O_5 的濃度較高。而在屏東新埤試區（表10），施爐渣者穀粒之 P_2O_5 養分濃度較高外，其餘植體或穀粒的N、P_2O_5 及 K_2O 養分濃度皆有降低的現象，此與施爐渣造成養分流失，植株吸收降低，而導致產量降低有關。

二、稻殼敷蓋對水稻產量及植體養分狀況的影響

由四次的田間試驗結果顯示無論一或二期水稻

表 6. 屏東新埤試區七十二年二期水稻之養分狀況

處理		N, %			P_2O_5, %			K_2O, %			SiO_2, %		
主處理	副處理	47天	穀粒	稈	47天	穀粒	稈	47天	穀粒	稈	47天	穀粒	稈
	N-O	1.51	1.18	0.75	0.52	0.62	0.24	3.56	0.38	2.10	4.00	0.94	3.68
	Urea-47.4 BC	1.63	1.16	0.76	0.60	0.65	0.26	3.34	0.41	2.12	4.07	1.08	3.72
	USG-47.4 DP	1.80	1.28	0.84	0.57	0.63	0.26	3.29	0.40	1.83	3.96	0.98	4.44
	USG-47.4 DP RH	1.82	1.24	0.69	0.64	0.56	0.27	3.64	0.40	2.38	4.59	1.08	5.17
	Urea-94.8 BC	1.56	1.18	0.73	0.58	0.67	0.21	3.44	0.37	2.18	4.12	1.13	4.16
	Urea-94.8 BC RH	1.60	1.24	0.76	0.59	0.63	0.25	3.71	0.38	2.18	4.84	1.07	4.83
	USG-94.8 DP	2.03	1.27	0.85	0.68	0.54	0.29	3.46	0.39	1.99	3.68	1.02	4.15
	USG-94.8 DP RH	1.99	1.29	0.77	0.63	0.59	0.30	3.57	0.40	2.17	4.60	1.15	5.61
爐渣	N-O	1.71	1.20	0.75	0.60	0.65	0.22	3.06	0.39	2.08	3.99	0.85	3.74
爐渣	Urea-47.4 BC	1.63	1.19	0.71	0.61	0.63	0.20	3.09	0.41	2.04	4.02	0.81	3.98
爐渣	USG-47.4 DP	1.82	1.23	0.70	0.67	0.61	0.18	3.14	0.37	1.91	4.42	0.89	3.80
爐渣	USG-47.4 DP RH	2.09	1.28	0.66	0.71	0.80	0.20	3.49	0.40	1.97	4.47	1.20	4.82
爐渣	Urea-94.8 BC	1.67	1.22	0.73	0.62	0.65	0.23	3.08	0.40	1.97	3.86	0.92	3.54
爐渣	Urea-94.8 BC RH	1.73	1.31	0.66	0.68	0.67	0.23	3.46	0.42	2.09	4.32	0.94	5.22
爐渣	USG-94.8 DP	2.47	1.37	0.87	0.79	0.65	0.27	3.34	0.42	1.99	4.09	0.72	3.72
爐渣	USG-94.8 DP RH	2.73	1.40	0.83	0.81	0.66	0.28	3.70	0.42	2.13	4.47	1.17	4.84
L. S. D.	爐渣 5%	0.15	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.16	0.01	0.10	0.08	0.06	0.13
L. S. D.	爐渣 1%	0.20	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	0.21	0.02	0.13	0.10	0.08	0.18
L. S. D.	稻殼 5%	0.18	0.05	0.03	0.04	0.04	0.02	0.19	0.02	0.12	0.13	0.07	0.22
L. S. D.	稻殼 1%	0.24	0.07	0.04	0.04	0.04	0.03	0.26	0.03	0.16	0.16	0.10	0.30
L. S. D.	肥料 5%	0.30	0.09	0.05	0.06	0.06	0.04	0.32	0.03	0.20	0.15	0.12	0.26
L. S. D.	肥料 1%	0.40	0.12	0.06	0.08	0.08	0.05	0.43	0.04	0.27	0.20	0.16	0.35

加蓋稻殼後都有增產的效果，尤其二期稻之撒施及低施肥量處理者，更有減少因施爐渣而造成減產的嚴重性（表3、4、7、8）。臺中試區七十年二期水稻無論氮肥撒施或深施，若再敷蓋稻殼其產量皆增加（6—16%），分析農藝狀況（表3）以分蘗數增加最為明顯，氮肥回收率亦提高。

屏東新埤試區七十一年二期及七十年一期之結果（表4、8），顯示無論何種肥料處理，若加施稻殼，水稻之有效分蘗數都有增加，且大部分達顯著平準，有效分蘗太多有降低千粒重之現象，若分蘗數未增加者，則其千粒重往往亦可因加施稻殼而增加。

表 7. 彰化竹塘試區七十一年一期水稻之農藝性狀

處理 主處理	處理 副處理	穀產量	相對指標	稈產量	千粒重	分蘗數 63天	分蘗數 收穫	氮回收率	株高 63天	株高 收穫	穀／稈
		kg/ha		kg/ha	g	株／欉		%	—cm—		
	N-O	5,103	85	5,649	22.7	24.3	21		53	88	1.06
	Urea-47.4 BC	5,922	99	6,342	22.3	27.1	25	38	53	90	1.16
	USG-47.4 DP	6,615	110	8,547	23.4	27.9	24	74	58	97	0.93
	USG-47.4 DP RH	6,636	110	8,337	22.0	30.7	23	69	57	98	0.95
	Urea-94.8 BC	6,006	100	8,085	21.7	29.6	24	34	56	94	0.89
	Urea-94.8 BC RH	6,846	114	8,568	22.7	30.2	23	34	54	94	0.96
	USG-94.8 DP	6,006	100	8,085	21.7	31.8	28	30	59	102	0.91
	USG-94.8 DP RH	6,846	114	9,639	21.5	34.8	31	42	58	108	0.84
爐渣	N-O	5,859	97	6,447	22.6	24.4	20		54	87	1.00
爐渣	Urea-47.4 BC	5,901	98	7,392	22.0	24.5	22	40	56	90	0.90
爐渣	USG-47.4 DP	6,111	102	7,812	23.2	29.2	27	50	59	95	0.93
爐渣	USG-47.4 DP RH	7,308	122	9,303	23.7	30.6	25	89	60	96	0.96
爐渣	Urea-94.8 BC	6,510	108	9,135	23.8	26.2	21	33	57	92	0.88
爐渣	Urea-94.8 BC RH	7,035	117	9,450	23.1	26.2	22	42	55	92	0.95
爐渣	USG-94.8 DP	6,069	101	10,437	22.1	32.3	27	47	63	107	0.73
爐渣	USG-94.8 DP RH	7,077	118	10,290	20.4	32.3	30	51	64	101	0.83
L. S. D.	爐渣	294	5	567	0.8	1.0	2.0		1	N. S.	
		399	7	756	1.1	1.3					
	稻殼	336	6	651	0.9	1.1	2.0		1	N. S.	
		462	8	882	1.2	1.5					
	肥料	840	14	1,596	1.6	2.0	3		1	2	
		1,134	19	2,142	2.1	2.6	4			3	

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

植體養分狀況方面，由資料顯示（表 6 、10）施稻殼者，其植株、穀或稈之 K_2O 及 SiO_2 含量都明顯提高，且達極顯著平準，N 及 P_2O_5 的含量亦有提高的趨勢，因此普遍提高氮肥回收率，尤其施爐渣處理加蓋稻殼者，更能提高氮肥回收率，減緩因施用爐渣而導穀產量減低之嚴重性。

彰化竹塘試區由資料（表 7 、 9 ）顯示，其加施稻殼者，對穀產量及養分狀況的影響與屏東地區相似，只有穀與稈之 P_2O_5 濃度，施爐渣加施稻殼後反而降低。

三、不同施肥處理在不同期作下，土壤養分狀況之比較

表 8. 屏東新埤試區七十一年一期水稻之農藝性狀

處理 主處理	處理 副處理	穀產量	相對指標	稈產量	千粒重	分蘗數（收穫）	氮回收率	株高 62天	株高 收穫	穀／稈
		kg/ha		kg/ha	g	株／欉	%	—cm—		
	N-O	5,439	77	5,111	24.0	15.1		49	84	1.31
	Urea-47.4 BC	6,949	98	6,553	23.4	19.6	37	50	91	1.31
	USG-47.4 DP	7,126	101	7,510	23.3	22.7	77	52	95	1.11
	USG-47.4 DP RH	7,304	103	8,990	23.3	26.2	100	50	98	1.01
	Urea-94.8-BC	7,082	100	8,366	23.7	20.2	34	51	95	1.05
	Urea-94.8 BC RH	7,770	110	7,596	23.0	22.9	29	50	96	1.23
	USG-94.8 DP	8,028	113	8,879	22.2	26.3	73	52	100	1.11
	USG-94.8 DP RH	7,768	110	7,712	22.4	26.7	65	51	104	1.25
爐渣	N-O	5,195	73	5,234	24.2	16.9		47	85	1.23
爐渣	Urea-47.4-BC	6,238	88	5,376	24.2	17.3	2	49	89	1.22
爐渣	USG-47.4-DP	6,484	92	7,409	23.0	20.9	26	52	94	1.10
爐渣	USG-47.4-DP RH	6,815	96	8,727	22.5	24.8	83	51	96	1.02
爐渣	Urea-94.8-BC	6,882	97	6,017	23.7	19.3	17	50	95	1.05
爐渣	Urea-94.8-BC RH	6,904	97	7,150	23.5	23.8	19	52	96	1.27
爐渣	USG-94.8-DP	6,869	97	9,382	22.4	26.3	51	53	100	1.00
爐渣	USP-94.8-DP RH	7,637	108	10,720	22.9	28.1	77	51	102	0.96
L. S. D.	爐渣 5%	286	4	597	N. S.	1.9		N. S.	2	
L. S. D.	爐渣 1%	374	5	777						
L. S. D.	稻殼 5%	333	5	666	N. S.	2.2		1	2	
L. S. D.	稻殼 1%	444	6	910					3	
L. S. D.	肥料 5%	792	11	1,642	N. S.	3.8		1	3	
L. S. D.	肥料 1%	1,078	15	2,220		5.1			4	

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

由表11及12，屏東新埤試區在相同地點與肥料處理下不同期作之資料，可發現土壤交換性氮在二期作比一期作容易消失，USG 深施二期作在施肥後21天，土壤交換性氮已降至 100ppm 以下，一期作在施氮肥後34天，其交換性氮，高至 200ppm以上。土壤有效性矽在植後47天，施稻殼處理者顯著提高，但施爐渣後再施稻殼者，反而降低土壤有效性矽。收成時，施爐渣及施稻殼者土壤有效性矽，皆極顯著的提高。

以臺中二期（表13）與屏東二期（表11）之比較，可發現臺中土壤交換性氮在生長期比屏東地區高，於水稻收成時反較低，因臺中試區含有膨脹性

表 9. 彰化竹塘試區七十一年一期水稻之養分狀況

處理		N, %			P_2O_5, %			K_2O, %		
主處理	副處理	63 天	穀粒	稈	63 天	穀粒	稈	63 天	穀粒	稈
	N-O	2.02	0.79	0.29	0.71	0.79	0.73	3.74	0.55	2.53
	Urea-47.4-BC	2.23	0.88	0.29	0.73	0.89	0.79	4.04	0.62	2.44
	USG-47.4-DP	2.88	0.62	0.40	0.82	0.84	0.73	4.94	0.60	2.12
	USG-47.4-DP RH	2.62	0.85	0.36	0.71	0.87	0.74	4.99	0.63	2.07
	Urea-94.8-BC	2.59	0.83	0.45	0.73	0.77	0.66	4.99	0.54	3.49
	Urea-94.8-BC RH	2.49	0.87	0.31	0.80	0.96	0.89	5.24	0.70	3.37
	USG-94.8-DP	3.11	0.85	0.37	0.86	0.77	0.69	4.62	0.54	3.25
	USG-94.8-DP RH	2.95	0.88	0.34	0.82	0.88	0.80	4.14	0.64	3.77
爐渣	N-O	1.90	0.87	0.33	0.73	0.91	0.81	4.22	0.56	2.57
	Urea-47.4 BC	1.90	0.83	0.38	0.71	0.85	0.79	3.61	0.57	2.51
	USG-47.4 DP	2.28	0.85	0.34	0.74	0.91	0.82	3.89	0.66	3.07
	USG-47.4 DP RH	2.46	0.85	0.34	0.78	0.78	0.71	4.52	0.63	2.35
	Urea-94.8 BC	2.18	0.81	0.37	0.73	0.86	0.79	3.99	0.56	2.38
	Urea-94.8 BC RH	2.12	0.80	0.41	0.73	0.78	0.73	4.11	0.67	2.79
	USG-94.8 DP	2.91	0.85	0.42	0.85	0.87	0.80	4.67	0.76	2.38
	USG-94.8 DP RH	2.89	0.81	0.42	0.83	0.72	0.73	4.64	0.72	2.51
L. S. D.	爐渣 5%	0.10	N. S.	0.05	0.02	0.06	0.05	0.16	0.06	0.36
	爐渣 1%	0.14		0.07	0.03	0.08	0.07	0.21	0.08	0.49
	稻殼 5%	0.12	N. S.	N. S.	N. S.	0.07	0.06	0.18	0.07	N. S.
	稻殼 1%	0.16				0.09	0.10	0.24	0.10	
	肥料 5%	0.29	N. S.	0.12	0.05	0.11	0.12	0.44	0.13	1.02
	肥料 1%	0.40		0.17	0.07	0.16	0.17	0.59	0.17	1.38

BC : Broadcasting,　DP : Deep placement,　RH : Rice hull.

粘土礦物，對銨素吸附力較大，而屏東試區因土壤有機質含量高，故收成時尚含較多交換性氮。

彰化竹塘試區土壤養分狀況，施稻殼處理增加土壤交換性鉀，加施爐渣後此現象即消失。施爐渣明顯降低土壤有效性磷，且達極顯著平準，加施稻殼處理可減少其降低程度。此與李與楊（1976）報告施用稻殼可增加土壤有效性磷之結果一致。

四、USG 深施之肥效

USG 深施可提高二期稻產量（表3、4），臺中試區土壤含有膨脹性粘土礦物，對銨之吸附力較大，故肥效大於不含膨脹性粘土礦物的屏東試區，前者可增產16%—18%，而後者只增產3%，前

表 10. 屏東新埤試區七十一年一期水稻之養分狀況

主處理	副處理		N, % 62天	N, % 穀粒	N, % 稈	P_2O_5, % 62天	P_2O_5, % 穀粒	P_2O_5, % 稈	K_2O, % 62天	K_2O, % 穀粒	K_2O, % 稈
	N-O		2.74	1.06	0.43	0.79	0.84	0.14	3.28	0.42	2.71
	Urea-47.4 BC		2.62	1.00	0.41	0.81	0.81	0.13	3.14	0.43	2.50
	USG-47.4 DP		2.65	1.08	0.43	0.80	0.71	0.16	3.11	0.40	2.78
	USG-47.4 DP RH		3.21	1.03	0.48	0.86	0.78	0.16	3.56	0.42	3.06
	Urea-94.8 BC		2.99	1.04	0.40	0.83	0.86	0.15	3.21	0.49	2.38
	Urea-94.8 BC RH		3.08	0.97	0.37	0.81	0.81	0.12	3.46	0.39	2.48
	USG-94.8 DP		3.27	1.12	0.58	0.88	0.83	0.26	2.86	0.40	2.36
	USG-94.8 DP RH		3.45	1.14	0.57	0.89	0.96	0.34	3.44	0.40	2.63
爐渣	N-O		2.87	0.98	0.37	0.79	0.95	0.13	3.59	0.40	2.56
爐渣	Urea-47.4 BC		2.78	0.96	0.37	0.83	0.80	0.15	3.56	0.43	2.43
爐渣	USG-47.4 DP		3.22	0.93	0.39	0.83	0.93	0.15	3.39	0.37	2.49
爐渣	USG-47.4 DP RH		3.43	1.10	0.38	0.77	1.10	0.16	3.26	0.38	2.36
爐渣	Urea-94.8 BC		2.98	0.99	0.36	0.83	0.99	0.14	3.59	0.36	2.31
爐渣	Urea-94.8 BC RH		3.04	0.96	0.34	0.81	0.96	0.14	3.64	0.40	2.64
爐渣	USG-94.8 DP		3.48	1.08	0.44	0.84	1.08	0.22	3.29	0.38	2.86
爐渣	USG-94.8 DP RH		3.59	1.11	0.49	0.81	1.11	0.27	3.31	0.42	2.83
L. S. D.	爐渣	5%	0.10	0.04	0.03	0.02	0.04	N. S.	0.12	0.03	N. S.
		1%	0.13	0.06	0.04	0.03	0.06		0.16	0.04	
	稻殼	5%	0.11	N. S.	N. S.	N. S.	0.06	N. S.	0.13	N. S.	N. S.
		1%	0.15				0.09		0.18		
	肥料	5%	0.28	0.12	0.09	0.05	0.13	0.09	0.33	N. S.	N. S.
		1%	0.38	0.16	0.12	0.07	0.15	0.12	0.44		

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

者以普通施肥量之半量者，尚可增產14%，後者如施用半量肥料却減產 5 %。施用稻殼更可加强深施效益，臺中試區因而增產34%，屏果試區亦可增產10%。

屏果試區兩期之試驗結果（表 4 、 8 ）可知深施的效益，一期稻高於二期稻，而施稻殼的效益是二期稻高於一期稻。

表 11. 屏東新埤試區七十年二期水稻田土壤養分狀況

主處理	副處理	鹽交換性氮 21 天	鹽交換性氮 47 天	鹽交換性氮 收穫	土壤 SiO$_2$ 47 天	土壤 SiO$_2$ 收穫	收穫時 pH	收穫時 交換性鉀	收穫時 有效性磷	收穫時 有機質	收穫時 全氮
		ppm						ppm		%	
	N-O	36	14	14	423	346	7.2	60	8	4.6	0.36
	Urea-47.4 BC	41	11	24	484	319	7.2	62	7	4.8	0.37
	USG-47.4 DP	59	41	21	474	337	7.3	48	7	4.7	0.37
	USG-47.4 DP RH	36	19	16	1,548	523	7.2	65	8	5.0	0.40
	Urea-94.8 BC	41	7	22	593	313	7.2	52	9	4.5	0.38
	Urea-94.8 BC RH	32	10	19	1,229	653	7.2	72	11	4.4	0.36
	UGS-94.8 DP	47	58	22	478	333	7.2	55	7	4.8	0.36
	USG-94.8 DP RH	132	24	21	1,109	387	7.2	58	9	5.0	0.39
爐渣	N-O	47	7	12	1,055	647	7.3	65	11	4.5	0.39
	Urea-47.4 BC	39	12	21	421	383	7.2	52	7	4.9	0.40
	USG-47.4 DP	103	15	28	724	438	7.2	60	8	5.0	0.40
	USG-47.4 DP RH	39	16	23	508	596	7.2	87	7	5.0	0.39
	Urea-94.8 BC	44	12	14	969	482	7.2	58	11	5.0	0.39
	Urea-94.8 BC RH	33	33	28	522	538	7.2	60	10	5.0	0.40
	USG-94.8 DP	38	42	19	649	494	7.2	47	7	4.8	0.40
	USG-94.8 DP RH	47	18	20	574	718	7.2	62	13	4.8	0.39
L. S. D. 爐渣	5%	N. S.	N. S.	N. S.	73	69	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
	1%				96	93					
L. S. D. 稻殼	5%	N. S.	N. S.	N. S.	85	82	N. S.	12	N. S.	N. S.	N. S.
	1%				115	112		17			
L. S. D. 肥料	5%	N. S.	N. S.	N. S.	140	137	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
	1%				189	186					

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

表 12. 屏東新埤試區七十一年一期水稻田土壤養分狀況

主處理	副處理	鹽交換性氮 34 天	鹽交換性氮 60 天	鹽交換性氮 收穫	交換性鉀 60 天	交換性鉀 收穫	(收穫) 有效性磷	(收穫) 全氮	(收穫) 有機質	(收穫) pH
		ppm						%	%	
	N-O	52	15	13	71	60	3	0.36	3.9	6.9
	Urea-47.4 BC	30	13	8	67	58	5	0.36	3.9	6.9
	USG-47.4 DP	118	12	7	69	55	3	0.38	3.9	7.0
	USG-47.4 DP RH	70	5	22	73	57	4	0.37	3.8	7.0
	Urea-94.8 BC	38	12	33	69	55	4	0.39	4.0	7.0
	Urea-94.8 BC RH	35	14	22	79	54	5	0.41	4.0	7.0
	USG-94.8 DP	472	17	30	59	53	3	0.39	3.8	7.0
	USG-94.8 DP RH	286	26	26	75	52	4	0.40	4.0	6.9
爐渣	N-O	32	17	21	76	57	4	0.39	4.2	7.0
爐渣	Urea-47.4 BC	37	10	17	71	60	4	0.39	4.0	7.0
爐渣	USG-47.4 DP	134	10	31	62	55	5	0.42	3.8	7.0
爐渣	USG-47.4 DP RH	124	15	16	77	58	6	0.40	4.2	7.0
爐渣	Urea-94.8 BC	41	5	12	65	55	4	0.39	4.0	7.0
爐渣	Urea-94.8 BC RH	42	24	20	77	62	6	0.40	4.2	7.0
爐渣	USG-94.8 DP	301	7	13	68	58	8	0.40	3.9	7.0
爐渣	USG-94.8 DP RH	293	48	16	89	57	4	0.40	4.2	7.0
L. S. D.	爐渣 5% 1%	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
L. S. D.	稻殼 5% 1%	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
L. S. D.	肥料 5%	193	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
L. S. D.	肥料 1%	260								

BC : Broadcasting, DP : Deep placement, RH : Rice hull.

表 13. 臺中試區七十年二期水稻田土壤養分狀況

處理		鹽交換性氮			pH		收穫				
主處理	副處理	21 天	48 天	收穫	48 天	收穫	有機質	全氮	有效性磷	交換性鉀	土壤矽
		ppm	ppm	ppm			%	%	ppm	ppm	ppm
	1	29	71	8	6.4	6.3	1.02	0.08	6	47	262
	2	58	115	8	6.8	6.6	1.13	0.10	13	45	242
	3	85	51	17	6.3	7.3	1.30	0.08	12	47	212
	4	20	37	5	6.1	7.5	1.12	0.10	10	48	178
爐渣	1	119	65	7	6.8	6.2	1.21	0.09	12	42	248
爐渣	2	144	67	8	6.7	7.2	1.19	0.10	12	48	285
爐渣	3	134	47	3	6.7	7.0	1.02	0.09	10	40	262
爐渣	4	11	33	12	7.1	7.0	1.32	0.09	10	47	348
稻殼	1	192	32	7	6.7	6.7	1.12	0.08	9	52	266
稻殼	2	32	52	10	7.0	6.2	1.37	0.09	13	40	266
稻殼	3	123	47	20	6.8	6.8	1.17	0.10	13	53	205
稻殼	4	16	52	12	7.0	7.1	1.11	0.09	12	45	196
N-O		10	16	7	6.3	7.2	1.15	0.10	17	55	168
L. S. D. 主	5%	77	N. S.	N. S.	0.4	0.2	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	551
L. S. D. 主	1%	127			0.6	0.4					68
L. S. D. 副	5%	57	30	N. S.	0.4	0.6	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	59
L. S. D. 副	1%	78			0.5	0.8					79

1. USG 44 DP Urea BC, 2. USG 66 DP 22 Urea BC, 3. USG 88 DP, 4. Urea 110 BC.

表 14. 彰化竹塘試區七十一年一期水稻田土壤養分狀況

主處理	副處理		鹽交換性氮 35天	鹽交換性氮 收穫	有效性磷 35天	有效性磷 63天	有效性磷 收穫	(收穫) 交換性鉀	(收穫) 全氮	(收穫) 有機質	(收穫) pH
			ppm					%			
	N-O		33	30	87	56	71	60	0.16	2.45	7.6
	Urea-47.4 BC		47	39	84	41	73	57	0.19	2.54	7.5
	USG-47.4 DP		142	24	86	35	73	49	0.18	2.41	7.6
	USG-47.4 DP RH		103	27	95	40	70	53	0.19	2.67	7.5
	Urea-94.8 BC		48	29	97	34	85	49	0.20	2.85	7.5
	Urea-94.8 BC RH		115	30	85	32	85	64	0.21	2.99	7.6
	USG-94.8 DP		106	32	91	42	85	46	0.20	2.92	7.6
	USG-94.8 DP RH		98	44	89	49	83	50	0.19	3.00	7.7
爐渣	N-O		24	32	71	38	68	56	0.19	2.54	7.6
爐渣	Urea-47.4 BC		24	28	58	35	58	56	0.18	2.57	7.6
爐渣	USG-47.4 DP		110	29	59	39	63	55	0.19	2.59	7.7
爐渣	USG-47.4 DP RH		173	26	71	39	79	48	0.18	2.77	7.7
爐渣	Urea-94.8 BC		120	25	60	44	64	50	0.19	2.62	7.6
爐渣	Urea-94.8 BC RH		112	25	73	43	70	57	0.20	2.61	7.6
爐渣	USG-94.8 DP		258	31	46	47	50	51	0.20	2.71	7.7
爐渣	USG-94.8 DP RH		327	25	68	44	66	49	0.19	2.79	7.6
L. S. D.	爐渣	5%	34	N. S.	7	N. S.	5	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
		1%	46		9		7				
	稻殼	5%	49	N. S.	12	N. S.	9	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
		1%	66		15		12				
	肥料	5%	97	N. S.	19	N. S.	15	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
		1%	131		25		20				

BC : Broadcasting,　DP : Deep placement,　RH : Rice hull.

引用文獻

1. 青峰重範、莊作權 。1978 。臺灣水稻田土壤之銨吸附性質及氮素供應能力之研究（一）水田土壤中銨離子之吸附與移動 。 科學月刊 6（2）：1174-1183.
2. 洪崑煌、景種、劉天斌。1980。水稻田氮素肥培管理之初步研究。科學月刊 8（8）：703-710.
3. 莊作權、紀秋來、譚鎮中及青峰重範。1979。臺灣水稻田土壤之銨吸附性質及氮素供應能力之研究。（二）水田土壤中氮素之變化及潛在肥力。科學月刊 7（8）：820-829.
4. 黃和炎、施宗禮。1979。水稻矽酸爐渣長期施用觀察試驗。稻作改良年報。
5. 謝烱明、黃山內、王錦堂。1979。矽酸鈣施用示範。稻作改良年報。
6. 李宿淵、楊策群。1976。水分管理和施用穀殼對土壤肥力和水稻產量之影響，學士論文。
7. Byrnes, B. H., P. L. G. Vlek, E. T. Craswell. 1979. The pronise and problems of super-granules for rice fertilization. Third Review Meeting of I. N. P. U. T. S.
8. Craswell E. T., P. L. G. Vlek, Nitrogen utilization by rice as affected by fertilizer source and management. S. S. S. A. J. p. 72.
9. Dennis H. Parish, 1979. Possibilities for the improvement of nitrogen fertilizer efficiency in rice production. I. F. D. C.
10. Juang, T. C. ane C. C. Tann, 1980. Increasing nitrogen efficiency under flooded paddy conditions in Taiwan. Chinese Agr. Chem. Soc. 18 (3-4) : 21-30.
11. Juang, T. C. 1980. Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea super-granules under tropical and subtropical paddy conditions. ASPAC-FFTC Book Series No. 18, pp. 83-101.
12. Juang, T. C. 1982. Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea super-granules and other modified urea fertilizers under paddy conditions in Taiwan, Soils and Fatilizers Taiwan. 1982. pp. 37-47, Soc. Soil Sci. and Fert. Tech. of Taiwan.
13. Khind, C. S., and N. P. Datta. 1975. Effect of method and timing of nitrogen application on yield and fertilizer nitrogen utilization by lowland rice. J. Indian Soc. Soil Sci. 23 : 442-446.
14. Koyama, T., and N. Niamscrichland, 1973. Soil-plant nutrition studies on tropical rice VI. The effect of different levels of nitrogenous fertilizer application on plant growth, grain yield, and nitrogen utilization by rice plants. Soil Sci. Plant Nutri. 19 : 265-274.
15. Pande, H. K., and N. K. Adak. 1971. Leaching loss of nitrogen in submerged rice cultivation. Exp. Agric. 7 : 329-336.
16. Savant, N. K., S. K., Datta. 1980. Movement and distribution of ammonium-N following deep placement of urea in a wetland rice soil. S. S. S. A. J. Vol. : 559-563.
17. Vlek, P. L. G., J. M. Stompe, 1978. Effect of soluting chemistry and enviromental conditions on ammonia volatilization losses from aqueous systems. S. S. S. A. J. Vol. : 42, 416-421.

Increasing Yield of the Second Crop Rice with Improvement of Fertilizer Efficiency and Soil Nitrogen Fertility*

T. C. Juang** and Y. M. Huang

Department of Soil Science
National Chung-Hsing University
Taichung, Taiwan 400
Republic of China

Summary

Increase of N recovery % and grain yield upon USG deep placement, the first rice crop was superior than the second rice crop. For the first rice crop, grain yield increased up to 13%, while N recovery % increased up to 77%. However, it was found grain yield of the second rice crop only increased about 3% at Pingtung Experiment Site, while the N recovery rate increased about 41%, lower than that of the first crop by 36%.

The effect of USG deep placement on grain yield and N recovery rate may be related to existing of expanding clay minerals in soils. As higher amount of expanding clay minerals in Taichung soil, grain yield increased by 18% and N recovery rate increased from 30% to 71%. At Pintung Experiment Site, the soil contains no expanding clay minerals, grain yield only increased by 3% and N recovery rate also increase from 8% to 41%. Increasing the fertilizer efficiency of USG deep placement may be partly attributed to the higher ammonium adaptive nature due to the existence of expanding clay minerals in soils. This may explain why higher N recovery rate of USG deep placement at Taichung site and lower at Pingtung site

Application of rice husk increased not only withe increasing N recovery rate, but also increased with uptake of N and K by rice plant. As respond to the grain yield, it increased about 9% for the second rice crop, and 4% for the first rice crop in general. The use of rice husk also depressed banded sclerotial disease of rice plant which in turn increased grain yield by 9% at Changhua Site.

Based on our results, response of grain yield increase by application of rice husk was much significant than the use of slag. In Pingtung, use of slag even caused slightly yield decline. But with use of slag combined with rice husk, it significantly reduced the tendency of grain yield decline.

---

* Supported by a grant 1982-4.1-47 (2-1) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.

** Present address : ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Taipei , Taiwan, R. O. C.